

## DETERMINAÇÃO DE HIDROCARBONETOS POLÍCICLICOS AROMÁTICOS (HPA) NO MATERIAL PARTICULADO (MP) ORIUNDO DO MULTICICLONE DE UMA UNIDADE INDUSTRIAL EM BARREIRAS-BAHIA

**Natália Oliveira de Jesus**<sup>(1)</sup>

Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. e-mail: [natholiveira17@hotmail.com](mailto:natholiveira17@hotmail.com)

**Rita de Cascia Avelino Suassuna**

Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento. e-mail: [suassuna2000@yahoo.com.br](mailto:suassuna2000@yahoo.com.br)

**José Domingos Santos da Silva**

Doutorado em Química. e-mail: [silvajdss@gmail.com](mailto:silvajdss@gmail.com)

### RESUMO

O presente trabalho objetivou determinar Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) no material particulado (MP) oriundo do multiciclone de uma unidade industrial da cidade de Barreiras-Bahia. O trabalho foi realizado em quatro fases: na primeira fase, o material particulado foi coletado em um recipiente acoplado a um dispositivo de controle de MP, o multiciclone, que recebia a corrente gasosa contendo o resíduo. Na segunda fase, realizou-se a determinação de HPA no MP, por meio de sua extração, seguida da determinação dos HPA, mediante o método da cromatografia líquida de alta eficiência, segundo *Okuda et al.* (2006). A terceira fase constou do levantamento bibliográfico acerca dos efeitos provocados pelos HPA na saúde humana. Na quarta fase, elaborou-se uma proposta adequada de destino final do material particulado. De acordo com os resultados, verificou-se a presença de HPA em todas as amostras analisadas. Todos eles apresentam algum efeito nocivo à saúde. Quanto à destinação final adequada do MP, o aterro industrial é o método mais apropriado, pois propicia a inibição da sua dispersão no solo devido sua afinidade pela matéria orgânica presente nele, quelando-o, além de sua baixa solubilidade na água, minimizando problemas de contaminação de águas subterrâneas.

**PALAVRAS-CHAVE:** material particulado, HPA, disposição final do MP

### INTRODUÇÃO

Na história da humanidade, a industrialização e o crescimento dos espaços urbanos associados ao aumento populacional geraram problemas de cunho ambiental. A dificuldade de suprir soluções na mesma velocidade do aparecimento desses problemas elevou os níveis de poluição ambiental, a exemplo da poluição atmosférica. As atividades antrópicas têm contribuído no conjunto de emissões para a atmosfera, com o lançamento, no meio ambiente, de resíduos gasosos ou mesmo material particulado proveniente da queima de combustíveis fósseis, incineração, efluentes gasosos de processos industriais, entre outros.

As principais fontes de emissão de material particulado para a atmosfera são as emissões veiculares e industriais, a ressuspensão de poeira do solo, a queima de biomassa, entre outras. Muitas vezes, estas partículas carregam substâncias tóxicas que, em contato com o sistema respiratório, podem provocar vários efeitos deletérios sobre a saúde, como o agravamento e desenvolvimento de doenças respiratórias, cardiovasculares e até neoplasias (SILVA, 2011).

A preocupação com as questões ambientais e a ampliação da discussão sobre as consequências da poluição, tem provocado, nos últimos anos, reações dos governos e entidades intergovernamentais para controle das atividades poluidoras, com a aplicação de leis específicas. No Brasil, os avanços com relação ao controle de emissões foram iniciados nos anos 80 e 90, especificamente no ano de 1989 quando foi criado o Programa Nacional de Controle da Qualidade do ar – PRONAR (FURIERI e CASTILHO, 2009).

Estudos epidemiológicos têm demonstrado associações do nível de material particulado com mortalidade e morbidade, onde concentrações elevadas de partículas finas causam aumento da taxa de mortalidade, aumento da incidência de asma e bronquite e aumento das taxas de infecção no sistema respiratório (FURIERI e CASTILHO, 2009). Esse material pode conter uma classe de compostos químicos orgânicos complexos que incluem carbono e hidrogênio, chamada de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos, que são compostos constituídos por dois ou mais anéis aromáticos, potencialmente cancerígenos e mutagênicos e altamente resistentes à biodegradação, permanecendo, assim, por longos

períodos no ambiente (SOUZA, 2007). Esses compostos são gerados pela queima de madeiras e de carvão, pela queima de rejeitos na agricultura, pela descarga de veículos automotores, entre outros.

A presença de HPA em resíduos sólidos pode levar a contaminação humana direta, por contato com o resíduo (no manuseio, no tratamento ou na disposição), ou indireta, causada pelo destino final inadequado dos resíduos, que leva a contaminação ambiental do solo, dos lençóis freáticos, dos corpos d'água superficiais, da biota e do ar (SISINNO *et al.*, 2003). Dessa forma, a identificação desses compostos em resíduos é de relevante interesse para a saúde pública.

O licenciamento ambiental passou a exigir medidas de adequação das empresas, de modo a manter a qualidade do ar da região de influência das mesmas dentro dos limites padrões. A escolha dos equipamentos de controle para material particulado depende de vários fatores, tais como o tipo de poluente, a quantidade da emissão e a disponibilidade de tecnologia e de capital. Dentre esses equipamentos, podem ser utilizados os filtros de manga, os precipitadores eletrostáticos, os coletores gravitacionais e os coletores centrífugos (multiciclones), que são aplicados em unidades industriais (FURIERI e CASTILHO, 2009).

Nesse trabalho, foram determinados os diferentes tipos de HPA, bem como suas concentrações, contidos no material particulado oriundo de um multiciclone de uma unidade industrial, a fim de avaliar os efeitos adversos à saúde humana como consequência da disposição inadequada desse material, bem como subsidiar na indicação da destinação final adequada desse material.

#### **OBJETIVO:**

Determinar Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) no material particulado (MP) oriundo do multiciclone de uma unidade industrial da cidade de Barreiras-Bahia.

#### **METODOLOGIA:**

Com a finalidade de facilitar o desenvolvimento, o trabalho proposto foi desenvolvido em quatro fases, a saber:

#### **PRIMEIRA FASE: COLETA DO MATERIAL PARTICULADO**

O material particulado foi coletado no recipiente (carrinho) que era acoplado ao dispositivo de controle de material particulado, o multiciclone, que por sua vez, recebia a corrente gasosa contendo o material particulado. Diariamente, o funcionário da unidade industrial responsável pela coleta, coletava cerca de 100 g de MP, acondicionava em um saco plástico, identificava com data de coleta e tipo de lenha utilizada na caldeira e acondicionava em local protegido do sol, mas sem refrigeração. Esse procedimento foi realizado igualmente para as três campanhas semanais de coleta. No total, foram recolhidas para análise doze amostras de MP, tendo sido coletadas três na primeira campanha (coletas 1, 2 e 3, realizadas nos dias 20, 21 e 22 de outubro de 2014, respectivamente), cinco na segunda campanha (coletas 4, 5, 6, 7 e 8, realizadas nos dias 27, 28, 29, 30 e 31 de outubro de 2014) e quatro na terceira campanha (coletas 9, 10, 11 e 12, realizadas nos dias 8, 9, 10 e 11 de novembro de 2014, respectivamente). As amostras foram previamente guardadas no laboratório de Química Analítica da Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB) – Barreiras – BA, protegidas da luz solar e, posteriormente, foram enviadas ao laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento em Química da Universidade Federal da Bahia (UFBA), localizada em Salvador – BA, para determinação de HPA.

#### **SEGUNDA FASE: DETERMINAÇÃO DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) NO MATERIAL PARTICULADO**

A determinação de HPA foi realizada de acordo com o seguinte procedimento: inicialmente, foi realizada a extração dos HPA. O material particulado foi colocado em frascos de cor âmbar de 10 mL e, em seguida, adicionou-se 4 mL de solução acetonitrila (ACN)/diclorometano (DCM) em razão 3:1 (ambos ACN e DCM foram de grau cromatográfico e espectroscópico JT Baker, EUA), sendo extraída por 10 minutos sob ultrassom. Em continuidade, os extratos foram então filtrados através de filtros de seringa (Minisart – SRP15, Sarorius, Alemanha) com 15 mm de diâmetro contendo membranas de PTFE com 0,22 µm de diâmetro de poro. Em seguida, os extratos foram secos sob fluxo suave de N<sub>2</sub> e depois ressuspensos em 100 µL de acetonitrila. Aliquotas de 1 µL dos extratos foram injetadas no sistema UPLC-UV/Vis, Shimadzu Japão, equipado com coluna C18 com 5 x 0,25 cm como é descrito a metodologia de Okuda *et al.*, 2006.

### TERCEIRA FASE: ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA DOS EFEITOS PROVOCADOS PELOS HPA NA SAÚDE HUMANA

Nessa fase, a presença de HPA carcinogênicos, bem como as concentrações encontradas, foi comparada com outros trabalhos, visando avaliar os possíveis problemas de saúde associados ao material particulado.

### QUARTA FASE: PROPOSTA DE DESTINAÇÃO FINAL ADEQUADA DO MATERIAL PARTICULADO

Nessa fase do trabalho, foi elaborada uma proposta adequada de destinação final do material particulado, a partir da revisão bibliográfica, objetivando a preservação ambiental e a saúde humana.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Na Tabela 1 estão representadas as concentrações de HPA determinadas na primeira campanha de coleta de MP, realizada nos dias 20, 21 e 22 de outubro de 2014, referentes às coletas 1, 2 e 3, respectivamente. O material particulado analisado foi proveniente da combustão da madeira de pinho na caldeira da unidade industrial.

**Tabela 1 – Concentrações de HPA encontradas no material particulado da primeira campanha de coleta**

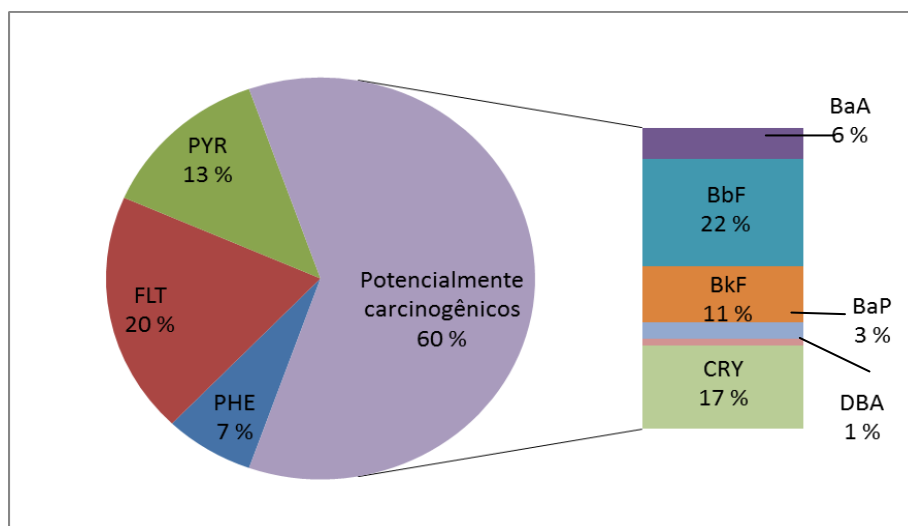
Tipos de HPA	Concentrações HPA (mg kg <sup>-1</sup> )				
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Média	Desvio padrão
Benzo[b]fluorantreno (BbF)	20,06	18,85	2,49	<b>13,80</b>	6,94
Fluorantreno (FLT)	11,47	8,79	16,61	<b>12,29</b>	2,81
Criseno (CRY)	4,14	16,62	11,4	<b>10,72</b>	4,43
Pireno (PYR)	8,68	6,17	9,86	<b>8,24</b>	1,33
Benzo[k]fluorantreno (BkF)	10,77	nd*	10,66	<b>7,14</b>	4,37
Fenantreno (PHE)	2,79	8,58	1,47	<b>4,28</b>	2,68
Benzo[a]antaceno (BaA)	6,38	4,26	1,21	<b>3,95</b>	1,84
Benzo[a]pireno (BaP)	1,8	0,65	3,6	<b>2,02</b>	1,05
Dibenzo[a,h]antraceno(DBA)	0,82	nd*	1,79	<b>0,87</b>	0,63

\* Não detectado.

Dentre os dezesseis HPA que podem causar efeitos adversos à saúde humana, foram encontrados nove tipos no MP da primeira campanha. Os HPA naftaleno, acenaftileno, acenafteno e fluoreno não foram detectados no MP em função de apresentarem estruturas com menos de três anéis aromáticos e com maiores pressões de vapor. Portanto, encontram-se prioritariamente na fase de vapor e não na particulada.

A Figura 1 apresenta o percentual de HPA potencialmente carcinogênicos no MP da primeira campanha que foi de 60 % e o percentual dos que não apresentaram caráter potencialmente carcinogênico, que foi de 40 % ( 20 % de fluorantreno, 13 % de pireno e 7 % de fenantreno). Vale salientar que esses últimos podem apresentar outros efeitos deletérios à saúde, tais como teratogenicidade, mutagenicidade e interferência no sistema endócrino.

**Figura 1 – Porcentagem de HPA com efeitos potencialmente carcinogênicos e não carcinogênicos na primeira campanha**



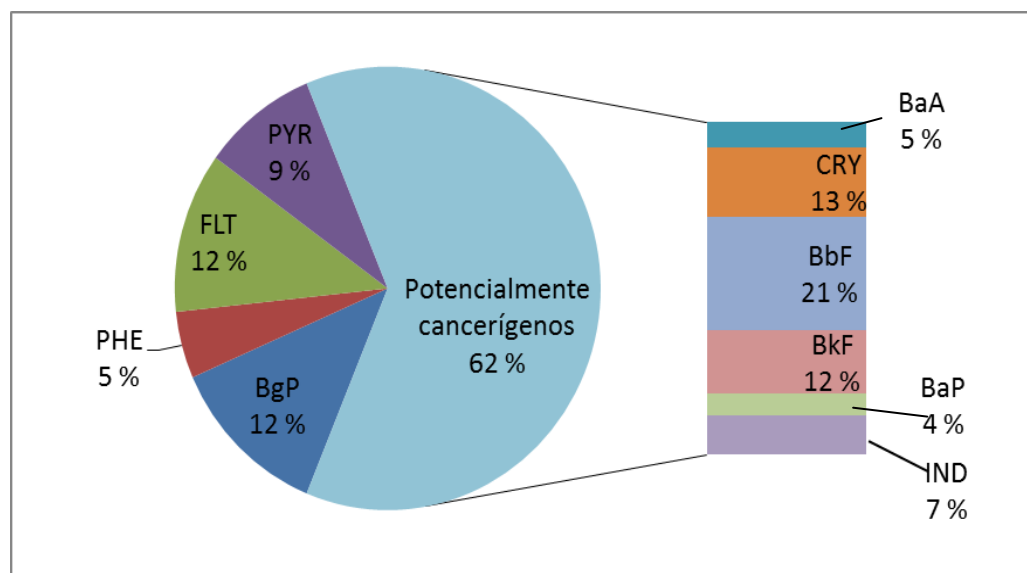
A segunda campanha de coleta do material particulado foi realizada nos dias 27, 28, 29, 30 e 31 de outubro de 2014, referentes às coletas 4, 5, 6, 7 e 8, respectivamente. O MP gerado foi resultante da queima do eucalipto e foi detectada a presença de dez tipos de HPA (Tabela 2).

**Tabela 2 – Concentrações de HPA encontrados no material particulado da segunda campanha de coleta**

Tipos de HPA	Concentrações HPA (mg kg <sup>-1</sup> )					Média	Desvio Padrão
	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	Coleta 7	Coleta 8		
Benzo[b]fluorantreno (BbF)	44,14	25,09	19,02	17,66	15,23	<b>24,23</b>	10,47
Criseno (CRY)	26,35	16,03	12,11	10,54	9,6	<b>14,93</b>	6,12
Benzo[g,h,i]perileno (BGP)	25,37	13,97	11,36	10,15	9,29	<b>14,03</b>	5,89
Benzo[k]fluorantreno (BkF)	25,44	13,93	10,71	10,18	8,87	<b>13,83</b>	6,04
Fluorantreno (FLT)	23,99	14,73	10,81	9,59	8,17	<b>13,46</b>	5,7
Pireno (PYR)	18,21	10,65	8,00	7,28	6,17	<b>10,06</b>	2,68
Indeno[1,2,3-c,d]pireno (IND)	15,43	8,23	6,63	6,17	5,31	<b>8,35</b>	3,66
Benzo[a]antaceno (BaA)	10,2	5,78	4,38	4,08	3,64	<b>5,62</b>	2,4
Fenantreno (PHE)	9,96	5,97	4,49	3,98	3,61	<b>5,60</b>	2,32
Benzo[a]pireno (BaP)	8,61	4,83	3,72	3,45	2,98	<b>4,72</b>	2,04

Foram encontrados na segunda campanha, seis tipos de HPA potencialmente carcinogênicos, correspondentes a 62 % dos HPA encontrados. Dentre os que não apresentaram caráter potencialmente carcinogênico, tem-se: 12 % de fluorantreno, 12 % de benzo[g,h,i]perileno, 9 % de pireno e 5 % de fenantreno, conforme pode ser visualizado na Figura 2. Embora esses não apresentem efeitos carcinogênicos, podem apresentar outros efeitos deletérios à saúde, tais como teratogenicidade e mutagenicidade, além de causar interferência no sistema endócrino.

**Figura 2 - Porcentagem de HPA com efeitos potencialmente carcinogênicos e não carcinogênicos encontrados na segunda campanha**



Os tipos de HPA encontrados na terceira campanha (resultantes do MP originado da combustão da madeira do pinho) estão descritos na Tabela 3. Foram encontrados dez tipos HPA no MP das coletas 9, 10, 11 e 12, realizadas nos dias 7, 8, 10 e 11 de novembro de 2014.

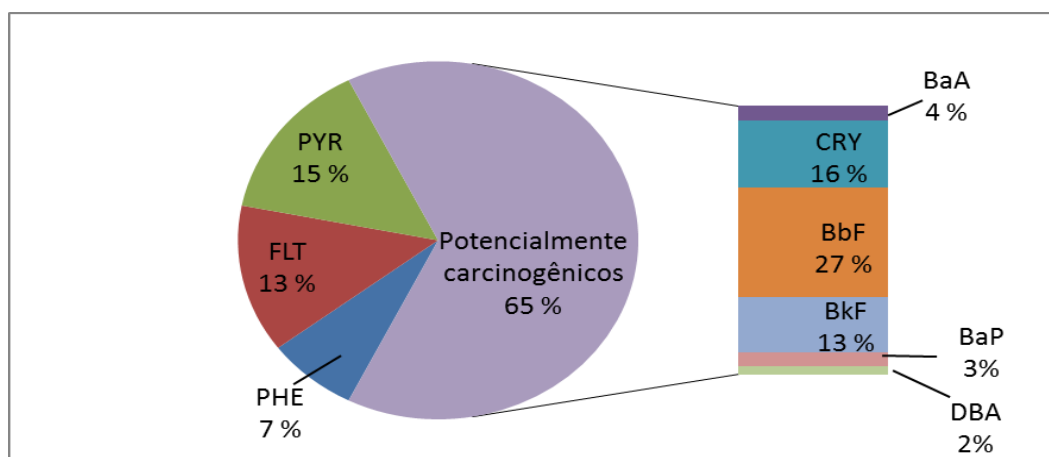
Na Figura 3 está representado o percentual de HPA potencialmente carcinogênicos no MP e dos que não apresentaram caráter de carcinogenicidade, encontrados na terceira campanha. O percentual dos que não apresentaram caráter potencialmente carcinogênico foi de 35 % (13 % de fluorantreno, 15 % de pireno e 7 % de fenantreno). Vale salientar que esses últimos podem apresentar outros efeitos deletérios à saúde, tais como teratogenicidade e mutagenicidade.

**Tabela 3 – Concentrações de HPA encontrados no material particulado da terceira campanha de coleta**

Tipos de HPA	Concentrações HPA (mg kg <sup>-1</sup> )				Média	Desvio padrão
	Coleta 7	Coleta 8	Coleta 10	Coleta 11		
Benzo[b]fluorantreno (BbF)	16,7	13,91	27,68	17,54	<b>19,71</b>	4,67
Criseno (CRY)	9,97	11,1	10,99	13,92	<b>12,00</b>	1,33
Pireno (PYR)	6,89	7,6	7,48	17,4	<b>10,83</b>	3,93
Benzo[k]fluorantreno (BkF)	9,63	11,07	10	8,93	<b>10,00</b>	0,69
Fluorantreno (FLT)	9,08	10,11	9,96	9,87	<b>9,98</b>	0,37
Fenantreno (PHE)	3,77	4,22	8,16	4,11	<b>5,50</b>	1,61
Benzo[a]antaceno (BaA)	3,86	4,1	nd*	4,04	<b>2,71</b>	1,56
Benzo[a]pireno (BaP)	5,26	3,46	1,43	2,4	<b>2,43</b>	1,3
Dibenzo[a,h]antraceno (DBA)	nd*	0,79	2,88	0,78	<b>1,48</b>	0,97

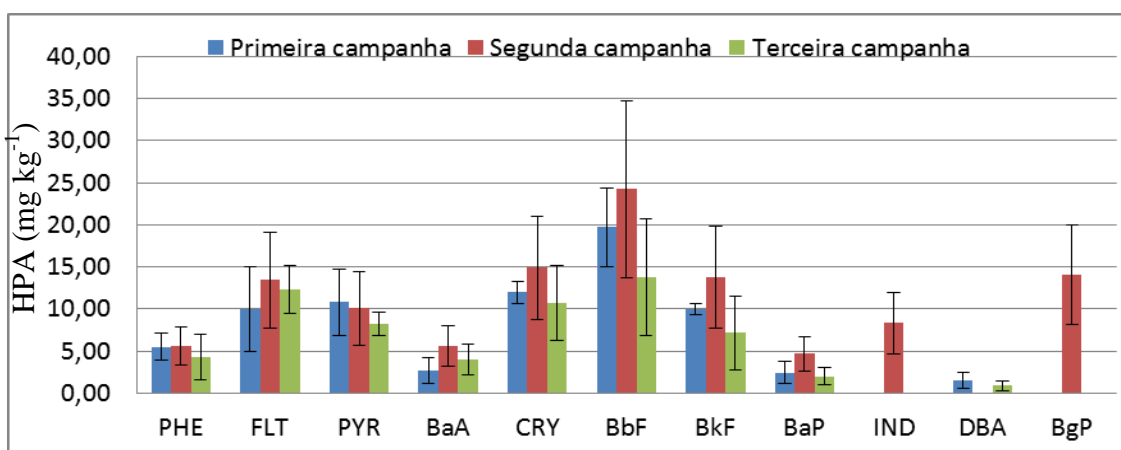
\* Não detectado.

**Figura 3 – Porcentagem de HPA com efeitos potencialmente carcinogênicos e não carcinogênicos encontrados na terceira campanha**



Na Figura 4 estão apresentadas as concentrações médias de todos os HPA encontrados nas três campanhas.

**Figura 4 - Concentrações médias de HPA encontrados nas três campanhas**



Os percentuais de HPA com potencial de carcinogenicidade se aproximaram com os encontrados por Silva (2014), que avaliou a contaminação atmosférica por HPA em três locais (em uma estação de ônibus na cidade de Salvador, em uma base naval e em uma ilha situada em região de tráfego de navios mercantes e de atividade industrial) e encontrou valores variando entre 60 % e 80 %.

Visualmente, observou-se que a queima do eucalipto, referente à segunda campanha, originou MP de menores dimensões do que a queima do pinho. Esse material, com aparência maior com o carvão (queima incompleta), gera maior concentração de MP.

## CONCLUSÃO

O presente estudo de determinação de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) no material particulado, oriundo de uma unidade industrial, permitiu concluir que, no que se refere à disposição inadequada do material particulado, este representa fonte potencial de contaminação dos compartimentos ambientais e, conseqüentemente, de seres humanos, uma vez que os HPA são lipossolúveis e semivoláteis. Em função da periculosidade do material particulado estudado, ele deve ser destinado a um aterro industrial, com os devidos cuidados de proteção ambiental e de saúde pública.

Como sugestão para trabalhos futuros indica-se a realização de testes de lixiviação e solubilização, de acordo com as normas brasileiras NBR 10005 e NBR 10006, respectivamente, para fins de classificação do material particulado em resíduo sólido perigoso ou não perigoso, segundo a NBR 10004. Além disso, a partir da classificação do material particulado, é recomendável elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) para a unidade industrial, visando à proteção a saúde e a preservação ambiental e avaliar a possibilidade de contaminação de águas subterrâneas nas proximidades da unidade industrial, associada à disposição do material particulado.

## REFERÊNCIAS

- FURIERI, B., CASTILHO, L. B. **Elaboração de projetos de aperfeiçoamento do sistema de controle de material particulado em uma unidade industrial: processamento final de cimento portland.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2009.
- OKUDA, T., NAOI, D., TENMOKU, M., TANAKA S., HE, K. MA, Y. YANG, F. LEI, Y. JIA, Y., ZHANG, D. **Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the aerosol n Beijing, China, measured by aminopropylsilane chemically-bonded stationary-phase column chromatography and HPLC/fluorescence detection.** *Department of Applied Chemistry, Faculty of Science and Technology.* Accepted 25 January 2006.
- SANTOS, J. V. S. **Estudo de espécies metálicas presentes no material particulado emitido por motor de combustão operando com diesel e biodiesel e na atmosfera na área da Baía de Todos os Santos.** Tese Doutorado. Universidade federal da Bahia. Salvador, 2012.
- SILVA, J. D. S. **Caracterização de espécies orgânicas e inorgânicas presentes no material particulado atmosférico da Baía de Todos os Santos e Salvador - Bahia.** Tese Doutorado. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química, Salvador, 2014.
- SISINNO, C. L. S., NETTO, A. D. P., REGO, E. C. P., LIMA, G. S. V. **Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em resíduos sólidos industriais: uma avaliação preliminar do risco potencial de contaminação ambiental e humana em áreas de disposição de resíduos.** *Cad. Saúde Pública* vol.19 no.2. Rio de Janeiro, 2003.
- SOUZA, W. R. **Análise de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos – HPAs – em sedimentos do ribeirão do Funil na região de Ouro Preto – MG.** Instituto de Ciências Exatas e Biológicas Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto, 2007.